PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 35. 1. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
P. Curie und A. Debierne, Über die induzierte Radio-Aktivität und die durch das Radium aktivierten Gase. S. 513.
K. v. Wesendonk, Beobachtungen über den Einfluss des Zustandes der Oberflächen auf die Entladung elektrisierter Metalle durch Flammengase. S. 514.
A. Wehnelt, Potentialmessungen im dunklen Kathodenraume. S. 518.

Besprechungen:
H. Weber, Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik; H. Liebmann, Lehrbuch der Differentialgleichungen. S. 527.

Eingegangene Schriften. S. 528.

Personalien. S. 528.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die induzierte Radio-Aktivität und die durch das Radium aktivierten Gase.

Von P. Curie und A. Debierne.[1])

In einer vorangehenden Mitteilung[2]) haben wir festgestellt, dass die induzierte Radio-Aktivität nicht durch die direkte Strahlung der Radiumsalze hervorgerufen wird, sondern sich schichtweise durch die Luft von dem Radiumsalz bis zu den aktivierten Körpern fortpflanzt. Wir haben versucht, die Bedeutung der Gase bei dieser Erscheinung genauer festzustellen; die neuen Resultate, die wir erhalten haben, sind folgende:

Die aktive Substanz befindet sich in einem kleinen offenen Gefässe und wird mit dem zu aktivierenden Körper (z. B. einem Kupferblech) in eine verschlossene Röhre gebracht, die mit Luft unter atmosphärischem Drucke gefüllt ist. Der Körper wird nach und nach aktiv und erreicht schliesslich einen Grenzwert, der immer für die gleiche radio-aktive Substanz derselbe ist. Wenn man bei diesem Versuche die Luft durch Wasserstoff ersetzt, beobachtet man denselben Grenzwert. Dieses Experiment kann man auch mit Luft von vermindertem Drucke wiederholen; wir haben festgestellt, dass bei einem ziemlich niedrigen Druck (1 cm Quecksilbersäule) der Grenzwert noch derselbe bleibt. Folglich haben Menge und Natur des Gases keinen Einfluss auf die induzierte Aktivität.

Dieses Resultat ändert sich, wenn man an Stelle eines teilweisen Vakuums in der Röhre, ein sehr hohes Vakuum herstellt (Druck, am Manometer gemessen kleiner als $^1/_{1000}$ mm) und dieses während der ganzen Dauer des Versuchs unterhält, indem man die Quecksilberluftpumpe beständig gehen lässt. Unter diesen Bedingungen wird der Körper nicht aktiv; mehr noch: war er bereits aktiviert, so verschwindet seine Aktivität. Die induzierte Radio-Aktivität teilt sich also nicht mit, wenn aller Druck im Apparat entfernt ist.

Wenn man den Apparat, nachdem eine vollkommene Luftleere erzielt ist, von der Luftpumpe abschliesst, konstatiert man nach einiger Zeit, dass das Kupferblech ebenso stark aktiv geworden ist, als ob es sich in der Luft befände. Zur gleichen Zeit jedoch, wo das Plättchen aktiv wird, lösen sich okkludierte Gase von der aktiven Substanz und rufen in der Röhre einen schwachen Druck hervor, dessen Grösse je nach der angewandten Substanz variiert. Man kann die okkludierten Gase, deren Auftreten mit dem der induzierten Radio-Aktivität zeitlich übereinstimmt, sammeln. Zu diesem Zwecke stellt man zuerst ein möglichst hohes Vakuum über der radio-aktiven Substanz her; dann erwärmt man diese und extrahiert die befreiten Gase mit Hilfe der Quecksilberluftpumpe. Gleichzeitig prüft man mittels einer kleinen an dem Apparate angebrachten Geisslerschen Röhre das Spektrum dieser Gase. Wir haben in diesem Spektrum keine neue Linie gefunden. Gewöhnlich überwiegt das Spektrum der Kohlenstoffverbindungen, man bemerkt auch die Linien des Wasserstoffes, des Stickstoffes und die des Quecksilberdampfes, der von der Luftpumpe herstammt.

Das Volumen der gesammelten Gase ist klein, doch trotz ihrer kleinen Menge sind sie stark radio-aktiv. Durch die Glaswände des Röhrchens hindurch wirken sie augenblicklich auf eine photographische, in schwarzes Papier gehüllte Platte und entladen sehr schnell elektrisierte Körper. Ihre Aktivität ist so gross, dass sie die Fluoreszenz der Glaswände des Röhrchens bewirken, das dadurch im Dunklen leuchtet. Das Glas wird schnell schwarz, so, als ob es den Strahlen der stärksten radioaktiven Körper ausgesetzt sei. Die Aktivität des aktivierten Gases verringert sich beständig, doch äusserst langsam: Gas, das zehn Tage vorher gesammelt wurde, ist noch immer stark aktiv.

1) Aus C. R. **132**, 768, 1901.
2) Diese Zeitschrift **2**, 500, 1901.

Die Luft des Laboratoriums, in dem wir seit mehreren Jahren arbeiten, ist allmählich immer mehr zum Leiter geworden; es ist uns nicht mehr möglich, einen Apparat gut zu isolieren, und andere als grobe Messungen am Elektrometer zu machen. Dieser bedauerliche Zustand scheint uns nicht durch die direkte Strahlung der radio-aktiven im Laboratorium zerstreuten Stäubchen erklärlich; er ist wahrscheinlich durch die beständige Bildung radioaktiver Gase verschuldet, die den oben besprochenen analog sind [1]).

Durch Erhitzen wasserhaltigen Baryumchlorürs im Vakuum erhielten wir eine gewisse Menge destillierten Wassers, das in einem Gefässe aufgefangen wurde. Das Wasser erwies sich als radio-aktiv; verdampft, hinterliess dieses Wasser keinerlei radio-aktiven Rückstand; wenn man es in versiegelten Röhrchen bewahrt, so verschwindet seine Aktivität nur langsam.

Wir glauben, noch nicht den Mechanismus der Verbreitung der induzierten Radio-Aktivität aufgeklärt zu haben. Man könnte allerdings vermuten, dass gewöhnliche, in der Luft enthaltene Gase im Kontakt mit der radio-aktiven Substanz aktiv werden, und durch Diffusion zu den anderen Körpern hingelangen, denen sie durch direkte Berührung ihre Aktivität mitteilen; aber viele Erscheinungen sind mit dieser Anschauungsweise noch nicht erklärt. Thatsächlich ist ja der Grenzwert unabhängig von dem Druck und der Natur des Gases; ausserdem scheint die Verbreitung der Aktivität durch Kapillarröhrchen viel zu schnell, um durch einfache Diffusion der Gase hervorgebracht worden zu sein.

1) So kommt es, dass die eingeschlossene Luft in jeder geschlossenen Schachtel, die sich im Laboratorium befindet, schliesslich stark leitend wird; ihre Leitfähigkeit ist viel grösser als die der Luft des Zimmers. Es genügt, die Schachtel zu öffnen, um diese Leitfähigkeit zu verringern.

(Aus dem Französischen übersetzt von Frieda Kaufmann.)

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

Beobachtungen über den Einfluss des Zustandes der Oberflächen auf die Entladung elektrisierter Metalle durch Flammengase.

Von K. v. Wesendonk.

I. Bei Gelegenheit einer kurzen Veröffentlichung[1]) über die Zerstörung des elektrischen Leitvermögens der Flammengase durch rauchende Flüssigkeiten, hatte Verf. bemerkt, dass nach wiederholten Erfahrungen cet. par. die Fähigkeit der Verbrennungsprodukte, elektrische Ladungen hinwegzuführen in nicht unerheblichem Maasse von dem Zustande der Oberfläche der zu entladenden Metallkörper abhängig zu sein scheine. Da nun die in neuerer Zeit so beliebten Untersuchungen sog. aktivierter oder wie es meistens heisst „ionisierter“ Gase sehr oft mittels elektrisierter Metallsonden, die mit geeigneten Messinstrumenten in Verbindung stehen, geschieht, so erschien es wohl mit Recht nicht ohne Interesse, etwas der Frage nachzugehen, wieweit auf solche Weise erhaltene Angaben etwa abhängig sind von den Zuständen der Oberflächen und der Natur des betreffenden Metalles. Kann ja doch der wirkliche Zustand des aktivierten Gases durch solche Einflüsse mehr oder minder maskiert werden.

1) Naturw. Rundsch. 15, 261, 1900.

Schon bei früheren Versuchen[1]) war Verf. aufgefallen, dass bei anscheinend ganz den gleichen Umständen die Entladefähigkeit der Flammengase sich recht merklich verschieden ergab, ohne dass dabei ein entsprechender Defekt in den benutzten Apparaten, eine Kapazitätsänderung oder ein Elektrizität entziehendes Hindernis in der Strombahn nachzuweisen gewesen wäre. Zugleich sei noch bemerkt, dass mittels eines Wassermanometers bei den Versuchen des vergangenen Winters mit Bestimmtheit nachzuweisen war, wie die scheinbaren Änderungen der Leitfähigkeit der Flammengase eintraten, unabhängig von etwaigen Schwankungen des Druckes, des Leuchtgases, dessen Verbrennungsprodukte untersucht wurden, auch kleine Variationen der Stellung des Gashahnes waren ohne merklichen Einfluss. Hier möge auch noch gleich festgesetzt werden, den Zustand des Metallkörpers, bei welchem er nur wenig geeignet ist, in die aktivierten Gase Elektrizität zu entladen, als einen ermüdeten zu bezeichnen, denjenigen aber, bei dem die Entladung relativ schnell von statten geht, als den wirksamen.

Bei den Untersuchungen über den Einfluss rauchender Flüssigkeiten zeigte sich nun ein derartiges, wenn man so sagen darf, unmotiviertes Verhalten wiederholt, sowohl zu Anfang, als über die Entladefähigkeit der Flammengase unter den gegebenen Umständen lediglich vorbereitende Versuche angestellt wurden, wie auch späterhin bei Beobachtungen über die Einwirkung der Dämpfe und Nebel, und zwar unabhängig von dem Vorzeichen der Elektrizität. So nahm die Divergenz[2]) der Aluminium-

1) Wied. Ann. 66, 121—135, 1898.

2) Für das zu den vorliegenden Versuchen verwendete Exnersche Elektrometer wurden durch Vergleich mit einem in Wien geaichten solchen Instrumente folgende Angaben er-

blättchen statt wie in der Regel um 14—16 mm zu Zeiten nur um 8—11 mm ab, nach Einwirkung von Salmiaknebeln sogar nur um 3—6 mm. Da bei diesen Untersuchungen eine geladene Messingplatte[1]) als Sonde diente, so lag es nahe, weil eben diese von den scharfen Dünsten chemisch angegriffen wurde, die Bildung einer schlecht leitenden Oberflächenschicht anzunehmen und für den genannten Effekt verantwortlich zu machen. Indessen zeigten sich solch stark angefressene Platten zumeist durchaus nicht als ermüdet, ja man versuchte sogar, des Öfteren mit gutem Erfolg, durch Einwirkung der scharfen Exhalationen die Ermüdung der Platte wieder aufzuheben. So stieg z. B. die Divergenzabnahme durch derartige Behandlung von höchstens 11 mm bis auf 13—14 mm. Am sichersten gelang es, die Wirksamkeit wieder herzustellen oder doch erheblich zu erhöhen, indem man die Platte dem ungetrockneten (nur gekühlten) Strome der Flammengase eine geeignete Zeit lang aussetzte, die Divergenzabnahme erhöhte sich so z. B. von 8—9 mm auf 13—14 mm. Solche Beobachtungen gaben zu der Vermutung Veranlassung, dass ein Überzug von Feuchtigkeit resp. Beimischung solcher zu den aktivierten Gasen von erheblicher Bedeutung sei für die Wirksamkeit. Bei den bekannten elektrolytischen Eigenschaften des Wassers, hat eine solche Annahme gewiss nichts allzusehr Befremdendes. Nachdem einige bereits früher angestellte gelegentliche Versuche bei denen man die Flammengase angewärmtes Wasser passieren liess wegen Schädigung der Isolation zu keinem Resultate geführt hatten, wurden im Spätherbste 1900 einige weitere Beobachtungen speziell zur Aufklärung der betreffenden Sachlage vorgenommen. Man liess durch 150 cm lange mit Bimssteinstückchen lose an gefüllten Glasröhren, die sich einmal in trockenem Zustande befanden, anderenteils mit Wasser oder Schwefelsäure befeuchtet waren, die Flammengase strömen, bevor sie die geladene Metallplatte trafen. Der Apparat, welcher bei diesen und den weiter zu erwähnenden Beobachtungen zur Verwendung kam, war im ganzen dem ähnlich, welcher zu den in Wied. Ann. **66**, 123 beschriebenen Untersuchungen gedient hatte, natürlich mutatis mutandis. Die Verbrennungsprodukte wurden stets in Eis gekühlt wie damals, die zu entladende Metallplatte befand sich in einem dem dort Rezeptor genannten Apparate ganz ähnlichen gläsernen Behältnis, nur war meist unterhalb des Ausflussrohres (l. c. mit mm bezeichnet) dasselbe durch einen Schliff in zwei Teile geteilt, die man je nach Belieben auseinandernehmen und wieder zusammensetzen konnte. So war es leicht möglich die als elektrische Sonde dienende Platte je nach Bedürfnis abzuwischen, abzubeizen, anzufeuchten, mit Smirgelpapier abzureiben u. s. w., ebenso aber auch eine andere Platte aus demselben oder einem verschiedenen Metalle auf den Träger (früher mit pp bezeichnet) aufzuschrauben, dessen Isolierung auch wieder durch Paraffin geschah. Mit Hilfe der feuchten und mit Schwefelsäure beschickten Röhren liess sich nun der ganze Apparat in den Zustand hoher Trockenheit resp. Feuchtigkeit bringen, und zwar gelang dies wiederholt ohne wesentliche Beeinträchtigung der Isolation. Schon bei den Versuchen vor Weihnachten 1900 zeigte sich hierbei deutlich, dass die hygrometrischen Verhältnisse jedenfalls nicht in erster Linie den entscheidenden Faktor abgeben, Flammengase relativ sehr trocken wie sehr feucht lieferten z. B. immer wieder (bei Verwendung desselben Rezeptors und der gleichen Zinkplatte darin) etwa 12 mm Abnahme des Ausschlages der Aluminiumblättchen. Ebenso zeigte sich bei späteren in verschiedener Weise variierten Versuchen immer wieder, dass Ermüdung, wie gute Wirksamkeit auftreten können sowohl bei angefeuchtetem, wie stark ausgetrocknetem Zustande speziell der Metallplatte selbst, wie der ganzen Atmosphäre innerhalb des verwendeten Apparatsystemes. Während man bei sehr starker Austrocknung leicht Abnahmen von 13—14 mm erhält, finden sich bei Platten, die lange feuchten Dünsten exponiert waren, statt dessen nur Werte von 8—10 mm, und selbst nur 5—7 mm, ja sogar bei sehr feuchten Flammengasen treten Angaben von nur 3 mm Verkleinerung der Divergenz am Elektrometer auf. Beim Passieren durch Wasser verloren die Verbrennungsprodukte zum Teil ihre Leitfähigkeit, wie das auch schon früher beobachtet worden, andere Male wurde diese dabei kaum beeinflusst. Damit soll indessen nicht gesagt sein, dass Wasser gar keinen fördernden Einfluss[1]) auszuüben vermögen, nur scheint derselbe recht verwickelter Natur zu sein. Späterhin erschien dann auch als von grosser Bedeutung für deren Wirksamkeit der Umstand, dass Wasser, auf die Oberfläche der Metallsonde gebracht sich gleichmässig darauf auszubreiten vermöge, das ist, wie bekannt, wohl infolge der vorhergegangenen Behandlung der Metalle, sehr häufig

mittelt. 24 mm Divergenz (die Anfangsladung bei allen hier in Betracht kommenden Messungen) entspricht 239,1 Volt 20 mm = 206 Volt, 16 mm = 177,5 Volt, 12 mm = 148 Volt und 8 mm = 111,5 Volt.

1) Man sehe die Bemerkungen weiter unten.

1) Ermüdete, mit Dampf direkt angefeuchtete Platten schienen eine ganz kurze Zeit lang im Anfang eine schnelle Entladung zu zeigen, doch hörte das bald auf, sobald die Flammengase etwas eingewirkt.

nicht der Fall, es tritt vielmehr sofort Zusammenziehen zu Tropfen, je nach Umständen von verschiedener Grösse und Zahl, ein. Wenn man dann die Oberfläche mit nicht zu feinem Smirgelpapier stark abreibt, oder auch dieselbe abfeilt, auch der Einwirkung von heisser Sodalösung aussetzt, so erreicht man hierdurch leicht die gleichmässige Verteilung von Wasser auf der betreffenden Metallfläche, und damit verliert sich dann auch häufig die Ermüdung der Sonde recht vollständig, doch hilft das Mittel durchaus nicht unfehlbar. Es kann passieren, dass auch sehr starke Angriffe auf die Metalloberfläche nicht hinreichen, um wenigstens starke Wirksamkeit zu erzielen. Abnahmen von 9—10 mm werden dann nur selten überschritten, während allerdings kleine Werte bis 5 mm nicht häufig sein dürften bei so behandelten Platten. Ein Anlaufen der Oberfläche, etwa durch direktes starkes Erhitzen mit einem Bunsenbrenner, ein Überzug, wie er sich beim Behandeln mit heisser Sodalösung bildet, schadet durchaus nicht so viel, wie man vielleicht von vornherein annehmen möchte, solche Platten können vielmehr recht wirksam sein. Bei der Adsorptionsfähigkeit die fein verteilter Kohle eigen ist, konnte man mit einigem Recht vermuten, sie sei gut geeignet, die aktiven Teilchen des Gasstromes festzuhalten. Solches konnte aber nicht konstatiert werden nach Berussen der Platte mittels der leuchtenden Bunsenflamme. Wiederholt half, wie schon früher konstatiert worden, gegen Ermüdung, wenn man die Platte eine Zeit lang dem Strome der ungetrockneten Flammengase aussetzte; die grössten Abnahmen des Ausschlages, nämlich 16—18 mm eine längere Zeit hindurch, wurden erhalten mit solchen nur gekühlten (keine Flüssigkeiten u. s. w. passierenden) Verbrennungsprodukten und einer gut abgesmirgelten Zinkplatte, doch schien die Wirksamkeit mit der Zeit ein wenig abzunehmen. Indessen hilft auch dieses Mittel durchaus nicht immer, sogar eine ausgesprochene Verminderung der Entladung kann eintreten, als ob hierbei zweierlei einander entgegenwirkende Einflüsse sich bethätigten, von denen bald der eine, bald der andere die Oberhand gewinnt. Fast gar nicht half Behandeln mit Petroläther und verdünnter Schwefelsäure gegen Ermüdung. Bei einem Überzug mit hygroskopischen Substanzen (*ClMg*, *ClCa*) konnte die Entladung sehr gut von statten gehen, aber auch wenn direktes Zerfliessen der betreffenden Stoffe anzeigte, dass sie in nahe Berührung mit den Flammengasen gerieten, war es doch bisweilen nicht möglich, mehr als mittlere Abnahme der Divergenz zu erzielen. Gar keinen Erfolg hatte man damit, dass ungekühlte nur ein längeres Metallrohr durchströmende Flammengase direkt gegen eine Metallplatte fliessen gelassen wurden, auf denen sie dabei einen Beschlag von Wasser noch ausser ihrer erwarteten Wirkung hervorriefen. Demgegenüber ist es merkwürdig, zu konstatieren, dass eine Zinkplatte in dem Zustande, wie sie von dem Mechaniker einige Wochen zuvor abgeliefert worden, auf deren Oberfläche sich Wasser nicht gleichmässig auszubreiten vermochte, und die man mit der Hand anfasste, dennoch zu Zeiten recht wirksam (nämlich 12—14 mm Abnahme) erschien. Allerdings trat bald Ermüdung ein. Platin, trotz seinen bekannten katalytischen und sonstigen besonderen Eigenschaften, erwies sich ganz und gar nicht als hervorragend wirksam. Um gleichmässige Ausbreitung von Wasser auf seiner Oberfläche zu erlangen, wurde zum Ausglühen gegriffen, aber auch dann erhielt man nicht mehr als mittlere Resultate, nämlich um 8 mm herum Abnahme, selten mehr, öfters auch weniger. Der Verlauf der Erscheinung bei ermüdeten Platten war nun fast durchweg der, dass zu Anfang, d. h. bei relativ hoher Spannung, verhältnismässig ganz schnelle Abnahme des Ausschlages beobachtet wurde, aber dann trat ein sehr langsames Sinken der Ladung ein, oft sogar fast eine völlige Konstanz derselben, als ob das vorhandene Potential nicht mehr hinreichte, um den Übergang der Elektrizität von der Platte in das Gas zu bewirken. War aber das Metall nicht ermüdet, oder gelang es dies durch eine der oben erwähnten Prozeduren zu erreichen, so fielen die Aluminiumblättchen ziemlich gleichmässig zusammen.[1]) Man kann also bei dem gleichen Zustande des Gases und derselben Höhe der Ladung auf der Sonde oft scheinbar recht verschiedene Leitfähigkeiten für die aktivierten Gase erhalten. Lässt man den Aspirator schneller ausfliessen, also die Flammengase in kürzerer Zeit, aber gleicher Menge, durch den Rezeptor strömen, so wird die Entladung in allen Fällen vermehrt, aber es kann vorkommen, dass mit einer ermüdeten Platte, z. B. bei einer Ausflusszeit von 2 Min. 15 Sek. nur ebensoviel oder selbst weniger Abnahme der Divergenz erhalten wird, als mit einer wirksamen Platte bei drei Minuten Dauer für die Entleerung des Aspirators. Erwähnt sei auch noch, dass der Einfluss nichtrauchender Flüssigkeiten, welche die Flammengase zu passieren haben, auf deren Leitfähigkeit je nach Umständen sehr verschieden sein kann. Man kann beobachten, wie die

1) Wenn die drei Minuten des zur eigentlichen Beobachtung dienenden Ausflusses vorüber waren, fand noch ein weiteres geringes Auslaufen aus dem Aspirator und ein langsames Nachströmen von Flammengasen statt. Das ergab noch eine kleine Abnahme der Divergenz, die sog. Nachwirkung, auch diese war bei gut wirksamen Platten noch recht merklich (1 mm Abnahme selten bis 2 mm), sonst oft kaum vorhanden.

Verbrennungsprodukte ungetrocknet u. s. w., nur gekühlt eine Abnahme von 14—15 mm ergeben, durch Schwefelsäure hindurchperlend cet. par. aber 16 mm, andere Male gehen aber die betreffenden Werte von 14 mm auf 8 mm zurück.

Was verhindert nun, in Fällen, wie den genannten, dass der aktive Zustand des Gases nicht voll zur Geltung kommt, so fragt man sich wohl unwillkürlich bei den vorliegenden Beobachtungsthatsachen. Alles scheint darauf hinzuweisen, dass es bislang nicht näher zu definierende Änderungen der Oberfläche sind, die hier eine verhältnismässig grosse Rolle spielen. Vielleicht ist eine gewisse Analogie vorhanden mit einem Verhalten, auf welches Buisson[1]) aufmerksam machte, wonach die Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte sonst nicht nachweisbare Veränderungen der Oberfläche hervorruft, welche die Zerstreuung der negativen Elektrizität erheblich verlangsamen.

Vielleicht handelt es sich in unserem Falle um eine Art Strahlung,[2]) die von den Flammengasen ausgeht und auf die geladenen Oberflächen je nach minimalen Änderungen derselben recht verschieden einwirkt. Wie empfindlich schon bei blosser Annäherung an andere Körper Metalloberflächen sind, das geht ja wohl zur Genüge aus Pellats bekannten Versuchen über Kontaktelektrizität hervor, hierher gehört auch die beobachtete Bildung von Legierungen ohne direkte Berührung. Die verwandten Versuche Russels erklären sich bekanntlich durch Wirkungen von Wasserstoffsuperoxyd, es lag nahe, auch bei den vorliegenden Phänomenen den Einfluss von H_2O_2 zu vermuten. Wie jedoch mehrfache Experimente mit käuflicher Lösung dargethan, ist ein irgend belangreicher Einfluss genannter Substanz weder beim Durchströmen seitens der Flammengase, noch beim Bestreichen der Metallplatte damit in Erscheinung getreten. Erinnert möge noch schliesslich daran werden, dass auch bei hohen Potentialen die Entladung durch minimale Änderungen der Oberfläche erheblich beeinflusst werden kann[3]), und dass solche auch bei den Kohärerphänomenen vielleicht von Bedeutung sind. Sicherlich erscheinen die hier dargelegten Phänomene des weiteren Verfolgens und der näheren Aufklärung wert, mit dem Vorliegenden sollte nur auf sie hingewiesen werden.

II. In betreff der Versuche über rauchende Flüssigkeiten seien Verf. noch folgende Bemerkungen gestattet.

Es wäre bei diesen Beobachtungen vielleicht am geeignetsten gewesen, eine vergoldete Metallplatte als elektrische Sonde zu verwenden, da sie von den dort erforschten scharfen Dünsten chemisch nicht angegriffen worden wäre, Platin aber seiner besonderen Eigenschaften wegen, wenigstens ohne vergleichende Versuche von vornherein eventuell nicht ratsam erschien. Die bei den vorläufigen Versuchen gebrauchte Messingplatte behielt man späterhin aber bei, einmal weil sie doch im ganzen recht regelmässige Resultate lieferte. Dann aber auch setzt sich an der Sonde, besonders wenn das entstandene Gemisch von Rauch resp. Qualm und Flammengasen nicht ganz trocken, ein flüssiger Überzug an, so dass es schwer fallen würde, eine ganz reine Goldoberfläche zu behalten. Man konnte ferner auf dem eingeschlagenen Wege die bereits bekannte Thatsache bestätigen, dass trotz chemischen Angriffes auf das Metall die scharfen Dämpfe und Nebel nicht elektrisch wirksam sind[1]), ja sogar die Leitfähigkeit der Flammengase erheblich herabsetzten, beides obwohl sie sicher mit dem Metall in intimen Kontakt kamen. Man könnte sonst an die bekannte Erscheinung eines dunkeln Randes um feste in mit Rauch erfüllten Räumen befindliche Körper denken, indem hierdurch vielleicht eine direkte Berührung zwischen Nebel resp. Qualm und Metall kaum stattfände. Übrigens darf man wohl die Aufhebung der Aktivität nicht so erklären, wie das bereits geschehen, dass man annimmt, an den (nachweisbar leitenden) Nebelteilchen entlüden sich zahlreiche Ionen verschiedenen Vorzeichens, so dass besagte Nebelteilchen nur noch neutral oder doch nur sehr schwach geladen erschienen. Dann könnte ja die Leitfähigkeit nicht wieder teilweise zum Vorschein kommen, wenn man den Qualm, welchen Flammengase aus rauchender Salpetersäure erzeugen, durch Schwefelsäure perlen lässt. Man muss vielmehr wohl annehmen, dass die aktiven Teilchen als solche bestehen bleiben, wenigstens grossenteils, und nur am Ladungsaustausch mit der elektrisierten Platte durch den Qualm gehindert werden. Ob es hierzu genügt, anzunehmen, die Geschwindigkeit der betreffenden aktiven Partikel resp. Ionen werde dabei vermindert, erscheint indessen fraglich, hier wo es sich doch um Gase handelt, die mit ziemlicher Heftigkeit gegen die geladene Platte getrieben werden. Wahrscheinlich dürfte

1) C. R. 130, 1298, 1900.

2) Es ist Verf. allerdings nicht bekannt, dass bis jetzt bei Flammengasen irgend etwas wie eine Röntgenstrahlung, die Substanzen wie Glas, Metall, Papier u. s. w., resp. Flüssigkeiten zu durchdringen vermag, nachgewiesen worden wäre, weder durch elektrische Versuche noch durch solche mit der photographischen Platte u. s. w. Villard indessen hat, C. R. 130, 125—127, 1900, den Gedanken ausgesprochen, die Flammen und glühenden Körper sendeten Kathodenstrahlen aus.

3) Man sehe z. B. Wesendonk, Wied. Ann. 65, 122, 1898.

1) Unter den obwaltenden Versuchsbedingungen natürlich und der angewendeten Genauigkeit der Messungen.

ein direktes Entladungshindernis durch den Rauch oder Qualm, welcher die aktiven Teilchen überzieht, geschaffen werden. Eine andauernde Ermüdung der Metalloberfläche, die allerdings sich bei Ammoniaknebeln einstellte, ist wie gesagt, durchaus kein allgemeiner Fall. Einer näheren Erklärung bislang Schwierigkeiten zu bereiten scheint Verfasser besonders das so verschiedene Verhalten der Exhalationen der rauchenden Schwefel- und Salpetersäure; auch hier wären noch weitere Versuche sehr erwünscht.[1])

III. Von den interessanten Ergebnissen des Herrn Villari[2]) scheint mir eines bisher zu wenig Beachtung gefunden zu haben, nämlich dasjenige, welches die Zerstörung der Leitfähigkeit röntgenisierter Gase durch nur eine Elektrizität (Ladung der inneren Oberfläche einer Paraffinröhre) betrifft. Sonst beobachtet man bekanntlich, dass aktivierte Gase die Ladung eines von ihnen bestrichenen Körpers hinwegführen und dann einen neutralen Körper mit demselben Vorzeichen zu laden vermögen. Das Resultat des Herrn Villari dürfte der Erklärung durch die Ionentheorie einige Schwierigkeiten bereiten, sind es aber etwa nur leitende Partikel, die den aktivierten Gasen ihre besonderen Eigenschaften verleihen, so können diese, von der Elektrizität der Paraffinwände angezogen, an diesen hängen bleiben, und das Versuchsergebnis wird dann leichter verständlich. Auch könnten diese leitenden Partikel bei der Reibung an Metallen elektrisch werden. Man wird sich aber zur Zeit kaum zu einer solchen Annahme verstehen. Sollten es dann etwa unsichtbare „Emanationen", von den geladenen Paraffinwänden ausgehend, sein, die die Leitfähigkeit, ähnlich wie Rauch u. s. w., herabsetzen können?

Solche und noch andere Fragen erheben sich angesichts des Resultates des Herrn Villari, dessen Bestätigung und nähere Begründung gewiss von Wichtigkeit wäre.

1) Untersuchungen über die schönen Diffraktionsfarben, welche sich gelegentlich zeigten, dürften einige Angaben über die Grösse der Qualmteilchen versprechen, eventuell auch ein Verfahren, wie es in J. J. Thomsons Elektr. Entlad. beschrieben ist.

2) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 178, 1900.

(Eingegangen 11. Mai 1901.)

Potentialmessungen im dunklen Kathodenraume.

Von A. Wehnelt.

Bei den meisten bisherigen Untersuchungen über die Verteilung des Potentiales in einem Entladungsrohre hat man stillschweigend die Annahme gemacht, dass das Potential in Ebenen, senkrecht zur Rohrachse konstant, der Potentialgradient also = 0 ist. Nur ganz gelegentlich hat C. A. Mebius[1]) darauf hingewiesen, dass die Niveauflächen an der Anode gegen dieselbe hin konkave Oberflächen sind und hat diese Anschauung auch durch Potentialmessungen bestätigt. Versuche von mir[2]) selbst an Röhren, die von scheibenförmigen Elektroden ausgefüllt waren, hatten ergeben, dass aller Wahrscheinlichkeit nach an den Wänden des Rohres sich sekundäre dunkle Räume ausbilden, durch die die Kathodenstrahlen nach der Mitte gedrängt werden. War dies richtig so mussten in der Umgegend der Kathode sehr grosse Potentialgradienten von der Achse des Rohres zur Wand vorhanden sein. Alle diejenigen Betrachtungen, die sich auf die Potentialgradienten, beziehungsweise deren Ableitungen nach den Koordinaten stützten, bedürfen dann aber auch einer neuen Untersuchung oder Berichtigung, so z. B. die Berechnung der freien Elektrizität. Dass eine solche nötig sei, zeigte ein Vorversuch, welcher ergab, dass sich zwischen zwei Sonden, von denen eine in der Achse eines cylinderischen Entladungsrohres, die andere nahe an der Wand desselben in demselben Querschnitt war, eine Potentialdifferenz zeigte, wenn die Sonden sich im dunklen Kathodenraume bei niederem Drucke befanden. So wurden die in folgendem beschriebenen Versuche angestellt, um die wahre Gestalt der Niveauflächen und die wahre Verteilung der Elektrizität innerhalb des dunklen Kathodenraumes zu ermitteln.

I. Niveauflächen an beeinflussten Kathoden.

(Anm. Unter beeinflussten Kathoden verstehe ich solche, bei denen durch die Nähe der Glaswandungen des Entladungsrohres der ganze Entladungsvorgang beeinflusst wird. Unbeeinflusste Elektroden hingegen nenne ich solche, von denen die Glaswände so weit entfernt sind, dass die freie Entwickelung der Kathodenerscheinung nicht durch sie beeinflusst wird.)

Zur Feststellung der Niveauflächen im dunklen Kathodenraume diente zuerst ein 6 cm weites und 100 cm langes Entladungsrohr (Fig. 1). Die senkrecht zur Rohrachse befindliche scheibenförmige und den ganzen Querschnitt des Entladungsrohres ausfüllende Kathode K und eine seitlich sitzende Sonde S_1 waren in der aus der Figur zu ersehenden Weise (e sind kurze Enden eines 10 mm starken Eisendrahtes) mit Hilfe eines Magneten von aussen verschiebbar.

1) C. A. Mebius, Bihang till. K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar **24** (No. 3), 24 Seiten, 1898; Beibl. **24**, 714, 1900.

2) A. Wehnelt, Wied. Ann. **65**, 528 ff., 1898.

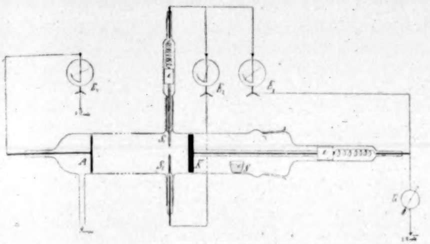

Fig. 1.

So konnte man an jeder Stelle des Raumes sowohl senkrecht als auch parallel zur Kathodenfläche die Potentialdifferenzen zwischen Sonde und Kathode messen. Die Kathode K war bei allen diesen Messungen unter Einschaltung eines Galvanometers G zur Erde abgeleitet. Bei einigen Messungen befand sich der beweglichen Sonde S_1 diametral gegenüber eine zweite Sonde S_2, welche bis in die Mitte des Entladungsrohres reichte. Die Sonden waren beide bis auf eine 4 mm lange Spitze durch ein sehr dünnes Glasrohr isoliert. Die Sonden wurden so kurz gewählt um möglichst das Potential an der betreffenden Stelle zu erhalten.[1]) Zu den Potentialmessungen dienten drei auf ihre Richtigkeit geprüfte Braunsche Elektrometer E_1, E_2 und E_3 zuweilen auch ein elektrostatisches Voltmeter der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft (Berlin) bis 10000 Volt und ein Multicellularvoltmeter bis 125 Volt von Hartmann & Braun. Das Elektrometer E_1 mass die Potentialdifferenz zwischen der beweglichen Sonde S_1 und der zur Erde abgeleiteten Kathode. Elektrometer E_2 diejenige zwischen den Sonden S_1 und S_2 und schliesslich Elektrometer E_3 das gesamte Entladungspotential des Rohres. Als Stromquelle diente eine 20 plattige Influenzmaschine oder eine Hochspannungsbatterie von 3600 Volt Spannung. Das Entladungspotential wurde durch Regulierung des Druckes konstant erhalten. Die geringfügige Zunahme des Entladungspotentiales durch Verlängerung der Entladungsbahn beim Zurückschieben der Kathode konnte ausser acht gelassen werden.

Besonders auffallend zeigte sich in diesem Rohre eine ausserordentlich starke Selbstevakuation. War das Rohr bei sehr tiefen Drucken längere Zeit benutzt worden und sollte es darauf bei höherem Drucke gebraucht werden, so stieg das Entladungspotential in kurzer Zeit wieder stark, und man musste durch Herstellung einer Verbindung mit einem Gefässe, das noch Gas von höherem Druck enthielt, nach und nach recht bedeutende Gasmengen in das Rohr einlassen, um das Entladungspotential konstant zu halten. Eine Ursache der starken Gasabsorption ist wohl in der Grösse der benutzten Kathode zu suchen. N (Fig. 1) stellt ein kleines Porzellannäpfchen mit Phosphorsäureanhydrid dar, das zur völligen Austrocknung diente, da für so grosse Räume das Trockengefäss an der Pumpe allein nicht ausreichte.

1) C. A. Mebius, l. c.

Die Ausführung der Messungen gestaltete sich folgendermassen: die Kathode wurde der Reihe nach in die verschiedenen Abstände von den Sonden gebracht. Bei jedem Abstande A der Sonden von der Kathode wurde die bewegliche Sonde von der Achse des Entladungsrohres nach dem Rande zu bewegt und für bestimmte Abstände a der Sonde S von der Mitte ($a = 0$) des Rohres die Potentialdifferenz zwischen der Sonde und der zur Erde abgeleiteten Kathode gemessen. Bei den ersten Messungen wurde noch die Potentialdifferenz zwischen den beiden Sonden S_1 und S_2 gemessen, um zu prüfen ob der Unterschied der in der Mitte des Rohres und der bei einem Abstande a von der Mitte gemessenen Potentialdifferenzen gleich der zwischen den Sonden gemessenen Potentialdifferenz war. Da diese Prüfung beste Übereinstimmung zeigte, so wurde bei den späteren Messungen die zweite Sonde fortgelassen. Ich benutzte zu diesen Messungen die relativ rohen Braunschen Elektrometer, welche nur gestatten von 100 zu 100 Volt abzulesen und von 10 zu 10 Volt zu schätzen, da ihre Genauigkeit für den vorliegenden Zweck ausreichend war.

Durch geringe Verschiebung des Kathodenstrahlenbündels mit einem genäherten Magnet, überzeugte ich mich jeweils, dass die Sonden, solange sie sich im Kathodenstrahlenbündel befinden sollten, wirklich das Potential der Stelle zeigten. Jede geringe Verschiebung nach der einen oder anderen Seite änderte das Potential in demselben Sinne.

Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate. Von zahlreichen Messungsreihen teile ich hier nur zwei mit.

Es bedeutete:

P das gesamte Entladungspotential in Volt,
p den Druck in Millimetern Hg,
i die Stromstärke,
A den Abstand der Sonden von der Kathode in Centimetern,
a den Abstand der beweglichen Sonde von der Achse des Rohres in Centimetern,
v die Potentialdifferenz zwischen der beweglichen Sonde und der Kathode,
D Länge des dunklen Kathodenraumes in Centimetern.

Tabelle I.

$P = 6000$ Volt, $p = 0{,}05$ mm
$i = 0.36 \cdot 10^{-3}$ Amp., $D = 11{,}5$ cm.

A	*a*					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
0,5	1900	1700	1700	1820	1990	2710
1	3150	2800	2720	2880	3250	3840
2	4200	3990	4040	4190	4590	4850
4	4870	5220	5260	5350	5430	5520
6	5270	5640	5730	5770	5820	5860
8	5550	5720	5850	5880	5850	5850
10	5700	5760	5770	5840	5900	5800
12	5850	5900	5900	5900	5900	5900

Tabelle II.

$P = 3500$ Volt, $p = 0{,}07$ mm
$i = 0{,}36 \cdot 10^{-3}$ Amp., $D = 7{,}3$ cm.

A	*a*					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
0,5	1210	1010	890	950	1070	1420
1	1740	1550	1440	1500	1680	1980
1,5	2200	2010	1960	1980	2130	2350
2	2480	2380	2330	2330	2430	2600
4	2700	2960	3020	3050	3060	3100
6	3080	3240	3250	3280	3240	3250
7	3200	3280	3300	3300	3320	3300
8	3320	3320	3320	3320	3320	3320

Versuche bei noch höheren Drucken bei denen das Kathodenstrahlenbündel fast den ganzen Querschnitt der Kathode bedeckte, ergaben keine messbare Potentialdifferenz in demselben Querschnitt des Rohres. Hieraus folgt, dass in diesem Falle die Niveauflächen der Kathodenfläche parallele Ebenen sind. Innerhalb eines Querschnittes eines Kathodenstrahlenbündels gelang es mir überhaupt nie Potentialdifferenzen nachzuweisen.

Um sich zu überzeugen, ob die mit der Influenzmaschine[1]) erhaltenen Resultate allgemeine Gültigkeit haben wurden auch einige Messungsreihen mit einem ähnlichen nur etwas engeren (4 cm weiten) Rohre mit einer Hochspannungsbatterie wiederholt und hierbei ergaben sich folgende Resultate:

Tabelle III.

$P = 1500$ Volt, $p = 0{,}2$ mm
$i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp., $D = 3{,}5$ cm.

A	*a*				
	0	0,5	1	1,5	2
0,5	700	600	620	770	900
1	960	970	940	1000	1060
1,5	1110	1090	1160	1200	1230
2	1210	1220	1260	1260	1270
2,5	1320	1330	1350	1360	1350
3	1360	1370	1370	1370	1370
3,5	1380	1380	1380	1380	1380

1) Vgl. E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. **66**, 318, 1898.

Bei der bedeutenden Weite des grossen Entladungsrohres war es mir möglich auch bei normalem Kathodengefälle, also nicht völlig bedeckter Kathode den Verlauf des Potentiales festzustellen. Bei einem Druck von ca. 0,5 mm und einer Stromstärke von $0{,}36 \cdot 10^{-3}$ Amp. war die grosse Kathode noch nicht völlig bedeckt, wohingegen die Dicke des dunklen Raumes bereits 1,25 cm betrug, also recht wohl eine Messung in demselben zuliess. Folgende Tabelle giebt die Resultate wieder.

Tabelle IV.

Abstand der Sonde von der Kathode in cm	0,15	0,25	0,5	0,75	1	1,25	2
Potentialdifferenz zwischen Sonde und Kathode in Volt	160	190	250	280	300	310	310

Aus den Tabellen I bis III wurden die Kurven I bis III (Fig. 2 und Fig. 3) für den

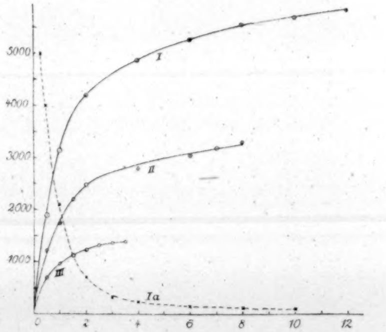

Fig. 2.

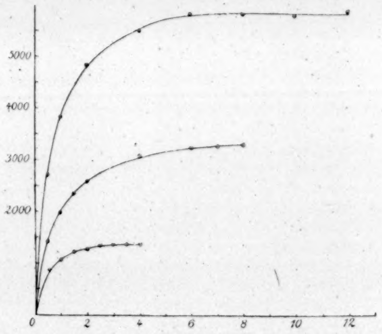

Fig. 3.

Potentialverlauf längs des dunklen Kathodenraumes parallel zur Achse in den verschiedenen Abständen a von derselben gezeichnet. Die Fig. 2 zeigt den Potentialverlauf in der Achse des Rohres ($a = 0$) Fig. 3 am Rande des Rohres ($a = 2{,}5$ bezw. $= 2$); die dazwischen liegenden Kurven gelangen hier nicht zur Wiedergabe, da sie nichts Neues zeigen, sondern nur zur Er-

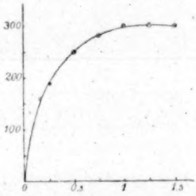

Fig. 4.

mittelung der Niveauflächen dienen. Fig. 4 stellt den Potentialverlauf bei normalem Kathodengefälle dar, also die nach Tabelle IV erhaltenen Resultate.

Aus den nach den Tabellen konstruierten Kurven wurden nun für die Abstände $a = 0$, 0,5, 1, 1,5, 2 und 2,5 cm von der Achse des Rohres die Abstände A der Punkte gleichen Potentiales von der Kathode aufgesucht und in ein Koordinatennetz eingetragen. Die die Punkte verbindenden Kurven zeigen dann die Niveauflächen an der Kathode. Fig. 5 zeigt die Niveauflächen in dem weiten Rohr nach den in Tabelle I

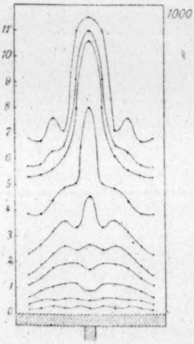

Fig. 5.

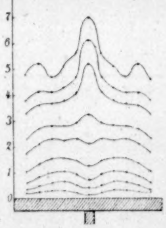

Fig. 6.

niedergelegten Resultaten. Fig. 6 enthält diejenigen von Tabelle II, Fig. 7 die von Tabelle III.

Nachdem in Obigem aus den Tabellen bezw. aus ihnen konstruierten Kurven die Niveauflächen graphisch dargestellt sind, soll in folgendem kurz der eigentliche Verlauf derselben geschil-

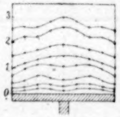

Fig. 7.

dert werden. Unmittelbar an der Kathode sind die Niveauflächen der Kathode nahezu derselben parallele Ebenen. Die geringen gegen die Kathode konkaven Einbiegungen entstehen durch geringes Ansteigen des Entladungspotentiales beim Eindringen der Sonde in das Kanalstrahlenbündel. Bei allmählicher Entfernung von der Kathode tritt eine Ausbuchtung der Niveauflächen in der Mitte ein, zu der sich bei weiterem Abstande von der Kathode rechts und links zwei weitere Erhebungen gesellen. In noch grösserer Entfernung flacht sich die Erhebung in der Mitte und die beiden seitlichen allmählicher wieder ab, bis in der Nähe der Glimmlichtgrenze die Niveauflächen wieder Ebenen werden. Die Ausbuchtung in der Achse des Rohres ist so gross, dass sie unmöglich von Fehlerquellen herrühren kann aber auch die zu ihren beiden Seiten wurde bei allen Versuchen in gleicher Weise wieder gefunden, so dass auch ihre Existenz sicher ist.

Der eigentümliche Verlauf der Niveauflächen deutet darauf hin, dass alle Kathodenstrahlen, die in einiger Entfernung von dem Mittelpunkte der Kathode ihren Ursprung haben, eine gekrümmte Bahn haben müssen. Versuche, die Krümmung der Bahn aus dem Schatten von in den dunklen Raum eingeführten Körpern zu bestimmen, scheiterten an dem Umstande, dass alle Körper im dunklen Raume stark geladen werden und daher deflektorisch auf die Kathodenstrahlen wirken. Ausserhalb des dunklen Raumes befindliche Körper werfen Schatten, die auf einen ganz geradlinigen Verlauf der Kathodenstrahlen schliessen lassen.[1])

Der von Herrn E. Goldstein[2]) aufgestellten Hypothese, dass der dunkle Raum dadurch entsteht, dass die von der Mitte der Kathode nach allen Seiten ausgehenden Glimmlichtstrahlen durch Deflektion in die Achse des Rohres eingebogen werden, steht entgegen, dass die Wände eines Entladungsrohres auch innerhalb des dunk-

1) A. Wehnelt, Diese Zeitschr. **2**, 334—339, 1901.
2) E. Goldstein, Verh. d. d. phys. Ges. **2**, 142, 1900.

len Raumes und zwar beinahe bis an die Kathode heran hell fluoreszieren.

Zeichnen wir die Kurven, welche in einer der Achse parallelen Richtung die Abhängigkeit des Potentiales von der Kathode darstellen, so sind dies durchweg Kurven, welche dieselbe Form haben, wie die e^{-kx} darstellenden (vgl. Fig. 2—4).

Ein Potentialsprung beim Übergange in das Glimmlicht ist nicht wahrzunehmen, trotzdem die scharfe Begrenzung des dunklen Kathodenraumes einen solchen vermuten lassen sollte. Diese Thatsache scheint dafür zu sprechen, dass an der Grenze des dunklen Raumes ein labiler Zustand vorhanden ist, infolgedessen bei kleinen Änderungen in einem Sinne die Moleküle zu leuchten anfangen, bei einer im entgegengesetzten Sinne dagegen dunkel werden.

Es wäre aber noch möglich, dass von der Kathode respektive aus dem Innern des dunklen Raumes infolge der herrschenden Kraft fortgeschleuderte Teilchen gerade bis an die Grenze desselben kommen und dort ihre Energie abgeben. Wäre dies der Fall, so müsste die Temperatur des Gases an der Grenze einen plötzlichen Sprung erfahren.

Um dies zu erfahren, wurde in das schon früher benutzte Rohr (Fig. 1) seitlich ein Konstantan-Eisen Thermoelement eingeführt. Die Lötstelle der 0,3 mm starken Drähte war zu einer ganz dünnen Kreisscheibe ausgehämmert und geschwärzt, um recht schnell die Temperatur der Umgebung anzunehmen. Die Lötstellen mit den zum Galvanometer führenden Verbindungsdrähten befanden sich in Paraffinöl von Zimmertemperatur, die sich während der kurzen Zeit einer Messungsreihe nicht wesentlich änderte. Als Galvanometer benutzte ich ein vom Universitätsmechaniker Herrn G. Böhner neukonstruiertes und gebautes Spulengalvanometer mit hoher Empfindlichkeit bei geringem Widerstand.

Folgende Tabellen geben die Resultate:

$V = 1100$ Volt $i = 0{,}24 . 10^{-3}$		$V = 2000$ Volt $i = 0{,}28 . 10^{-3}$		$V = 4500$ Volt $i = 0{,}3 . 10^{-3}$	
A	*a*	*A*	*a*	*A*	*a*
3 cm	15 Skt.	4 cm	29 Skt.	7 cm	38 Skt.
4 „	16 „	5 „	30 „	8 „	43 „
5 „	16 „	6 „	33 „	9 „	46 „
6 „	16 „	7 „	33 „	10 „	48 „
		8 „	32 „		

Die hiernach konstruierten Kurven (Fig. 8) zeigen keinerlei Knick in ihrem Verlaufe.

Das Thermoelement befand sich einmal am Rande, dann in der Mitte zwischen Rand und Kathodenstrahl und dann im Kathodenstrahl

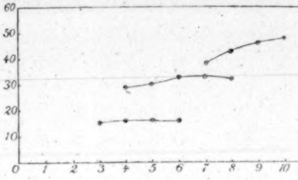

Fig. 8.

selbst. Qualitative Änderungen waren nicht vorhanden. In der Nähe der Kathode zeigte sich ein eigentümlicher Verlauf der Temperaturkurve, auf den ich hier nicht näher eingehen will.

Die aus den Kurven für den Potentialverlauf konstruierten Kurven für den Verlauf des Potentialgradienten (Kurve *Ia* Fig. 2) in Richtung der Rohrachse zeigen noch keinerlei Maxima oder Minima, sondern einen durchaus glatten Verlauf. Meine Versuchsergebnisse stehen mit denen, freilich auf ganz anderem Wege gewonnenen Resultaten von A. Schuster[1]) im Einklang, dagegen nicht mit denen von Graham[2]), der Maxima und Minima für $\frac{dV}{dx}$ erhielt, was einer Abwechselung positiver und negativer Ladung im dunklen Raume entsprechen würde. Bei der grossen Wichtigkeit dieser Frage habe ich auch eine Reihe von Messungen nach der Grahamschen Methode angestellt, um vor allem durch passende Veränderung der Versuchsanordnung, die Gründe für seine Resultate aufzufinden.

Zu diesem Zwecke befanden sich in einem Entladungsrohr (Fig. 9) mit verschiebbarer Ka-

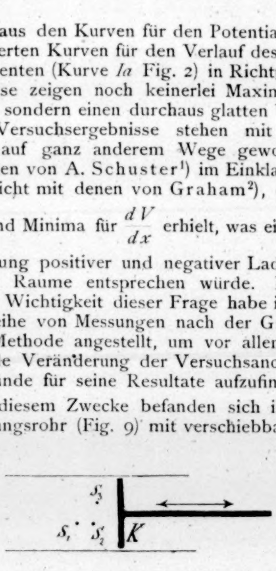

Fig. 9.

thode drei Sonden S_1, S_2 und S_3 nahe bei einander. Die Sonden aus dünnem Platindraht steckten in ganz dünn ausgezogenen Glasröhrchen, so dass nur je ein ca. 4 mm langes Stück frei heraussah. Die Sonden hatten die aus der Fig. 9 zu ersehende Stellung zu einander. Sonde S_1 und S_2 standen genau hintereinander und 0,12 cm voneinander entfernt. Sonde S_3 stand ca. 0,45 cm seitwärts von S_2. Der auf die

1) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **47**, 642, 1890; W. P. Graham, Wied. Ann. **64**, 66, 1898.
2) W. P. Graham, l. c., S. 73.

Achse des Rohres projizierte Abstand zwischen S_1 und S_3 war 0,18 cm.

Zuerst wurde mit jeder Sonde einzeln der Verlauf des Potentiales im dunklen Raume durch Messung der Potentialdifferenz zwischen Sonde und der zur Erde abgeleiteten Kathode an den verschiedenen Punkten des dunklen Raumes festgestellt. Die Isolation des hierzu benutzten Braunschen Elektrometers war vorzüglich.

Die folgenden Tabellen geben die Resultate dieser Messungen:

Entladungspotential 1000 Volt,
Stromstärke $= 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.,
Dicke des dunklen Raumes = 2,3 cm.

Tabelle I.

Sonde S_1.

Abstand (a) in cm von der Kathode	0,25	0,65	1,15	1,65	2,15
Potentialdifferenz (V) .	290	570	720	810	850

Tabelle II.

Sonde S_2.

a	0,13	0,53	1,03	1,53	2,03
V	140	430	640	770	830

Tabelle III.

Sonde S_3.

a	0,07	0,47	0,97	1,47	1,97
V	240	490	660	770	830

Hierauf wurden zwischen den Sonden S_1 und S_2 nach der Methode von Graham[1]) mit einem Warburgschen Elektrometer die Kurven für die Potentialgradienten ermittelt. Die Güte der Isolation des Elektrometers wurde nach der von Warburg[2]) angegebenen Methode geprüft. Die Resultate sind in folgenden Tabellen enthalten.

Entladungspotential 1000 Volt,
Stromstärke $= 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.,
Dicke des dunklen Raumes = 2,3 cm.

Tabelle IV.

S_1 und S_2 (Abstand S_1 und S_2 = 0,12 cm).

a in cm	0,3	0,7	1,2	1,7	2,2
$\frac{dV}{dx}$	1142	925	530	300	148

1) W. P. Graham, l. c., S. 65.
2) E. Warburg, Wied. Ann. 31, 554, 1887.

Tabelle V.

Abstand von S_1 und S_2 = 0,18 cm.

a in cm	0,16	0,56	1,06	1,56	2,06
$\frac{dV}{dx}$	261	408	300	181	92

In Figur 10 sind die nach den Tabellen I—V gezeichneten Kurven (I—V) dargestellt.

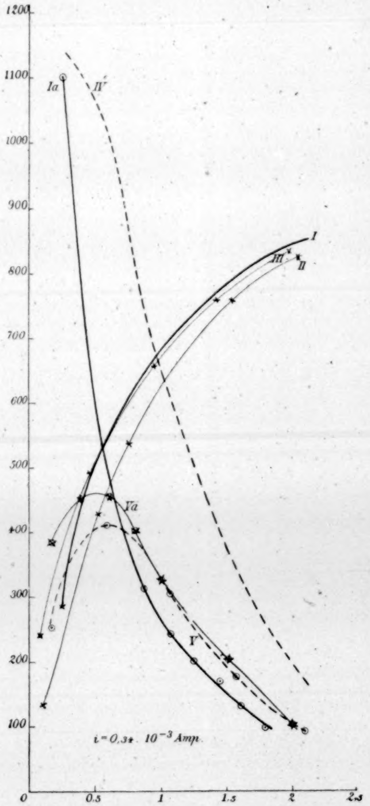

Fig. 10.

Kurve Ia zeigt die aus Kurve I graphisch ermittelte Potentialgradientenkurve.

Die mit Sonde S_2 erhaltene Kurve des Potentialverlaufes zeigt durchweg niedrigere Werte, als die mit Sonde S_1 erhaltenen, woraus folgt,

dass zwischen Sonde S_1 und S_2 stets eine Potentialdifferenz herrscht, die grösser ist, als sie deren Abstande im dunklen Raume entspricht, d. h. die aus den Potentialdifferenzen zwischen S_1 und S_2 ermittelte Potentialgradientenkurve muss höher liegen, als die wahre Kurve, was in der That auch der Fall ist, wie Kurve IV, Fig. 10, zeigt. Im übrigen hat sie angenähert denselben Verlauf wie Kurve Ia.

Befinden sich die Sonden nicht hintereinander wie S_1 und S_3, so erhält man eine Kurve (V, Fig. 10) für den Potentialgradienten, wie sie Graham[1]) gefunden hat.

Die Abweichung dieser von den vorherigen Kurven mag wohl ihre Ursache in der starken Veränderung der Potentialverteilung in der Umgebung einer Sonde haben. Die mit Sonde S_3 erhaltene Potentialkurve (Kurve III, Fig. 10) scheint auch hierauf hinzudeuten. Sie schneidet die mit S_1 erhaltene Kurve (I, Fig. 10) und in der That zeigt die graphisch aus Kurve I und III ermittelte Kurve (Va, Fig. 10) für den Potentialgradienten einen ähnlichen Verlauf, wie die direkt mit Sonde S_1 und S_3 erhaltene Kurve[2]).

Um den Einfluss zu prüfen, den eine geringe seitliche Verschiebung der einen von zwei hintereinander stehenden Sonden verursacht, diente die Anordnung Fig. 11.

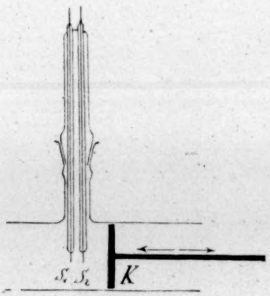

Fig. 11.

Zwei im Abstande von 0,24 cm befindliche Sonden waren durch einen Schliff in das Rohr eingeführt. Durch geringe Drehung desselben konnte man Sonde S_2 aus dem Schatten von S_1 treten lassen. Bei stets gleichem Drucke wurde durch Verschieben der Kathode das Sondenpaar an die verschiedenen Stellen des dunklen Kathodenraumes gebracht. Bei jeder Stellung wurde die Potentialdifferenz gemessen, einmal, wenn die Sonden genau hintereinander standen und dann, wenn die Sonden um einen geringen, durch einen Zeiger und Marke stets gleichgemachten Winkel von 25^0 gedreht wurden.

Ihr auf die Achse projizierter Abstand betrug dann 0,22 cm.

Folgende Tabelle enthält die Resultate:

	a	0,23	0 5	1	1,5	2	2,5
$\frac{dv}{dx}$	Sonden hintereinander	917	833	625	356	190	90
	Sonden nebeneinander	363	455	306	121	47	10

Fig. 12 zeigt die nach dieser Tabelle konstruierten Kurven. Hieraus geht hervor, dass

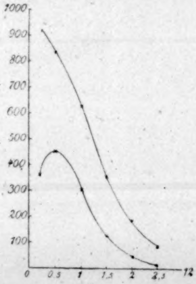

Fig. 12.

die von Graham erhaltenen Kurvenformen durch nicht völliges Hintereinanderstehen der Sonden verursacht wurden, was übrigens bei so langen Sonden, wie die von Graham benutzten, schwer zu erreichen wäre.

An dieser Stelle möchte ich noch folgende Beobachtung in dem weiten Entladungsrohr erwähnen:

Die gewöhnliche Ansicht, dass bei cylindrischen Entladungsröhren mit nahezu den Querschnitt erfüllenden Kathoden der Glimmlichtnebel sich gleichförmig über den ganzen Querschnitt anschliesst, erscheint bei genauerer Untersuchung nicht richtig. An der Wand des Rohres, unmittelbar am Rande des dunklen Kathodenraumes, liegt ein heller, in der Luft schwach rötlich gefärbter Ring, der noch zu dem positiven Lichte gehört, denn er ver-

1) W. P. Graham, l. c., S. 73.

2) Die graphische Ermittelung wurde folgendermassen ausgeführt: Für einen bestimmten Punkt a von der Kathode hat nach Kurve III die Sonde S_3 eine Potentialdifferenz V_3 gegen die Kathode, da Sonde S_1 einen Abstand von 0,18 cm von S_3 hat, so kann aus Kurve I für den Abstand $(a + 0{,}18)$ cm die Potentialdifferenz V_1 von S_1 gegen die Kathode abgelesen werden. Die Differenz $\frac{V_1 - V_2}{0{,}18}$ giebt dann sofort den Potentialgradienten an dem Punkt $\left(\frac{a + 0{,}18}{2}\right)$.

wandelt sich bei der Ablenkung durch einen Magnet in eine positive Schicht. Die Erscheinung war besonders gut sichtbar in dem weiten Entladungsrohr (Fig. 1, S. 519). Der Ring dürfte den Teil der Strombahn andeuten, welcher den schräg auf die Kathode fallenden Kanal- bezw. Kathodenstrahlen entspricht. In gewisser Hinsicht hängt er wohl mit den kreisförmigen Schichten, die bei starken Strömen drahtförmige Kathoden umgeben, wie sie von Hittorf[1]) und O. Lehmann[2]) beobachtet wurden, zusammen.

II. Niveauflächen an unbeeinflussten[3]) Kathoden.

Da bei allen vorhergehenden Versuchen die Nähe der Rohrwandungen einen Einfluss auf die Form der Niveauflächen und überhaupt auf den ganzen Potentialfall an der Kathode haben könnte, so habe ich auch die Potentialverteilung an Kathoden bestimmt, die sich frei innerhalb eines grossen kugelförmigen Gefässes befanden. Fig. 13 zeigt die benutzte Versuchsanordnung.

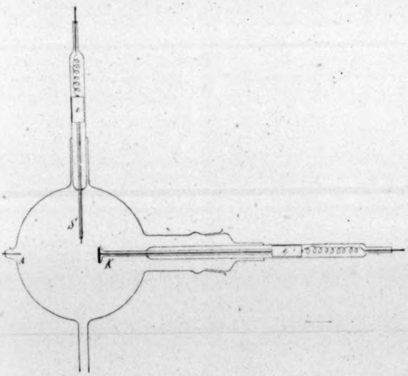

Fig. 13.

Als Kathode diente eine Kreisscheibe K von 1 cm Durchmesser, deren Zuleitung und Rückseite isoliert war. Die Kathode war mit einem Magnet von aussen verschiebbar, ebenso eine Sonde S, deren Bewegungsrichtung senkrecht zu der Kathode stand.

Zuerst wurde der Potentialverlauf längs der Normalen auf der Kathode bei verschiedenen Drucken bestimmt. Folgende Tabelle enthält die Resultate.

$i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.

V	a 0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	Dicke des dunkl. Raumes in cm
700	470	570	620	650					0,6 cm
1000	620	760	860	900	930	930			1,0 „
1200	640	850	990	1050	1070	1080	1080		1,3 „

Die nach dieser Tabelle gezeichneten Kurven (Fig. 14) zeigen alle genau denselben Verlauf,

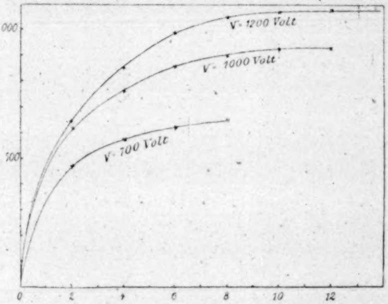

Fig. 14.

wie die bei unfreien Elektroden erhaltenen. Auch hier zeigt sich trotz der scharfen Begrenzung des dunklen Kathodenraumes kein Potentialsprung beim Übergang desselben in das Glimmlicht. Behufs Konstruktion der Niveauflächen wurde eine Reihe von Werten in verschiedenen Abständen von der Kathode w der Normalen derselben bestimmt.

Folgende Tabelle enthält die Resultate:

$p = 0{,}09$ mm $i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.
$V = 1310$ Volt.

Abstand von der Kathodenebene in cm	Abstand der Sonde von der Normalen der Kathode in cm 0	0,5	1	1,5	2
0,2	730	1030	1090	1110	1110
0,4	970	1060	1100	1090	1100
0,6	1030	1070	1080	1060	1060
0,8	1130	1130	1140	1110	1080
1,0	1140	1140	1140	1140	1080

Den nach dieser Tabelle konstruierten ungefähren Verlauf der Niveauflächen zeigt Fig. 15, derselbe ist annähernd wie bei einer unfreien Kathode. Im ganzen Glimmlicht, sowie in dem schwachen, blauen Leuchten im ganzen Raume hinter der Kathodenebene zeigte das Elektrometer stets dieselbe Potentialdifferenz gegen die Kathode.

1) Hittorf, Wied. Ann. **21**, 95, 1884.
2) O. Lehmann, Wied. Ann. **55**, 387, 1895; **56**, 311, 1895.
3) Vergl. Anm. S. 518.

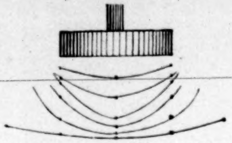

Fig. 15.

Zur Prüfung des Einflusses der Stromstärke auf den Potentialverlauf wurde dieselbe durch Regulierung der Tourenzahl der Influenzmaschine geändert.

Folgende Tabellen und Kurve (Fig. 16) zeigen die Resultate:

I) $V = 1130$ Volt, $i = 0{,}16 \cdot 10^{-3}$ Amp., $p = 0{,}07$ mm							
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
	640	740	900	960	980	990	1000

II) $i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ A., $V = 1500$ Volt, $p = 0{,}07$ mm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	790	1010	1160	1230	1270	1280	1290	1300	1310

III) $i = 0{,}53$ Amp., $V = 1500$ Volt, $p = 0{,}07$ mm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	820	1050	1240	1310	1360	1390	1400	1410	1420

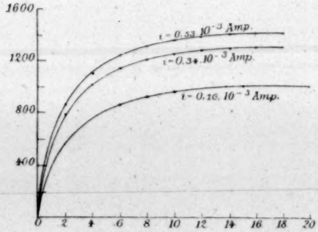

Fig. 16.

Die Dicke der Dunkelräume war bei:

$i = 0{,}16 \cdot 10^{-3}$ Amp. $= 1{,}5$ cm
$i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ „ $= 1{,}3$ „
$i = 0{,}53 \cdot 10^{-3}$ „ $= 1{,}25$ „

Man sieht hieraus, dass durch Erhöhung der Stromstärke der Verlauf des Potentiales nicht prinzipiell geändert wird. Die Kurve für die grössere Stromstärke steigt natürlich schneller an, da ja mit der Verstärkung des Stromes eine Verkleinerung des Dunkelraumes und eine Potentialerhöhung Hand in Hand gehen, beides Thatsachen, die den Potentialgradienten erhöhen.

Hieran anschliessend möchte ich noch eine Beobachtung über die Kanalstrahlen erwähnen, die ich besonders schön bei dem eben benutzten Entladungsrohre wahrnahm.

Bei der kleinen, kreisförmigen, ebenen Kathode, die schon vorher benutzt wurde, sowie bei einer zu diesem Zwecke einmal eingesetzten Hohlspiegelkathode war deutlich zu sehen, dass die Kanalstrahlen nicht senkrecht auf der Oberfläche der Kathoden standen, sondern dass sie divergierend nach allen den Richtungen gingen, in welchen noch eine scharfe Begrenzung des dunklen Raumes zu sehen war. Sie hatten dabei die Gestalt einer Kugelkappe. Die Kathodenstrahlen hingegen waren bei beiden Kathoden scharf begrenzt sichtbar. Sie traten bei der ebenen Kathode ganz schwach divergierend, bei der Hohlspiegelkathode schwach konvergierend aus.

III. Änderung der Niveauflächen bei Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magnet.

Zu diesem Versuch diente wieder das grosse in Fig. 1 dargestellte Entladungsrohr. Ein ringförmiger Elektromagnet wurde gleichzeitig mit der Kathode verschoben, so dass seine Stellung zu derselben unverändert blieb. Mit Hilfe der beweglichen Sonde S wurden wieder, wie bei den zuerst beschriebenen Versuchen, die Kurven für den Potentialverlauf festgestellt. Leider konnten die Versuche nur bei relativ hohen Drucken erfolgen, da bei tiefen Drucken und einigermaassen starker Ablenkung der Kathodenstrahlen die Entladung leicht einen intermittierenden Charakter annahm. Die folgende Tabelle enthält die Resultate:

$V = 1700$ Volt $i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Amp.

	a							
	0		1		2		2,5	
1	750	740	650	730	500	830		800
2	1110	1000	1030	1040	1040	1100	1090	1110
3	1300	1230	1270	1230	1270	1300	1280	1320
4	1330	1350	1310	1340	1320	1400	1340	1410
5	1350	1400	1390	1430	1360	1440	1370	1420
6	1390	1430	1390	1430	1390	1440	1380	1430
7	1400	1430	1430	1440	1400	1430	1400	1440

Aus dieser Tabelle wurden wieder, wie schon oben beschrieben die Kurven des Potentialverlaufes zeichnet und aus diesen die Niveauflächen (Fig. 17) ermittelt. Man sieht deutlich, wie die Niveauflächen gegen die Achse geneigt sind. Leider liess sich bei der Dicke des Kathodenstrahlenbündels nicht gleichzeitig der genaue Verlauf desselben feststellen, so dass nicht zu erkennen war, ob und welche Neigung

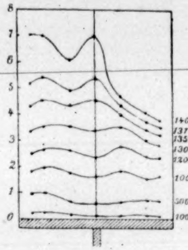

Fig. 17.

die Niveauflächen gegen die Bahn der Kathodenstrahlen hatten.

Resultate.

1. Der Verlauf des Potentiales im dunklen Kathodenraume, sowie der Verlauf der Temperatur an der Grenze desselben ist ein stetiger und erfolgt in einer Kurve der e^{-kx} Form.

2. Die Niveauflächen an einer Kathode sind keine derselben parallele Flächen, sondern zeigen einen eigentümlichen Verlauf.

3. Die Kurve für den Potentialgradienten ist stetig. Knicke, wie sie Graham gefunden hat, weisen auf Fehler in der Versuchsanordnung hin.

4. Die Berechnungen der freien Elektrizität im dunklen Kathodenraume bedürfen einer Korrektion, da in ein und demselben Querschnitt verschiedene Dichten der freien Elektrizität vorhanden sind.

5. Niveauflächen an beeinflussten und unbeeinflussten Kathoden zeigen einen ähnlichen Verlauf.

Erlangen, Phys. Inst. Mai 1901.

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Heinrich Weber, Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik. Nach Riemanns Vorlesungen in vierter Auflage neu bearbeitet. gr. 8. Erster Band. XVIII u. 506 S. mit Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. 10 M.

H. Liebmann, Lehrbuch der Differentialgleichungen. gr. 8. VI u. 226 S. mit Figuren. Leipzig, Veit & Comp. 1901. 6 Mark.

„Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik," ursprünglich geplant als eine erweiterte Auflage der bekannten Hattendorffschen Bearbeitung Riemannscher Vorlesungen, haben sich, mit Rücksicht auf die veränderten Grundanschauungen und Bedürfnisse der modernen Physik, namentlich in der Elektrizitätslehre, zu einem selbständigen Werke H. Webers gestaltet, dem der Verfasser lediglich in der Überzeugung, „die Arbeit in Riemanns Sinn und Geist fortzuführen", „den Schmuck von Riemanns Namen" gelassen hat. Wie wertvoll für den Physiker ein Werk sein muss, das, ohne andere Vorkenntnisse als die elementare Differential- und Integralrechnung vorauszusetzen, die mathematischen Hilfsmittel und Methoden seiner Wissenschaft in ihren verschiedenen Anwendungen mit möglichster Vollständigkeit entwickelt, braucht hier wohl nicht erst ausgeführt zu werden. Die befriedigende Durchführung dieser Aufgabe konnte aber auch nur einem Mathematiker gelingen, der wie der Verfasser mit der vollständigen Beherrschung der abstrakt-mathematischen Methoden eingehendes Verständnis und Interesse für die physikalischen Probleme verbindet.

Von dem reichhaltigen, Physiker wie Mathematiker gleichmässig interessierenden Inhalte des bisher erschienenen ersten Bandes möge die folgende Übersicht eine Vorstellung geben. Das erste Buch entwickelt die rein mathematischen Hilfsmittel: zunächst die Theorie der bestimmten Integrale, der Fourierschen Reihen und der Flächen- und Raumintegrale mit besonderer Berücksichtigung der elliptischen Koordinaten. Auf eine kurze Einführung in die elementare Theorie der Funktionen komplexen Argumentes und in die der linearen Differentialgleichungen folgt eine ausführliche Darstellung der Besselschen Funktionen, die bei der hervorragenden Wichtigkeit dieser Transcendenten für die verschiedensten Anwendungen und ihrer augenscheinlichen Vernachlässigung in den meisten mathematischen Lehrbüchern als besonders dankenswert bezeichnet werden muss. Das zweite Buch „geometrische und mechanische Grundsätze" enthält die allgemeine Theorie der Vektorfelder, des Potentiales und der Kugelfunktionen mit einem kürzeren Abschnitt über die Prinzipien der Mechanik. Sehr ausführlich wird dagegen im dritten Buche die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus vom Standpunkte der modernen Maxwellschen Theorie aus behandelt, und zwar in der Weise, dass immer einer ge-

drängten Darstellung der physikalischen Grundlagen eine mathematische Durchführung spezieller Probleme angeschlossen wird. Von den behandelten statischen Problemen seien hier erwähnt: die Elektrizitätsverteilung auf konzentrischen Kugeln, auf dem Ellipsoid und der Kreisscheibe, auf Cylinderflächen und speziell auf dem Prisma, endlich die Influenz zweier cylindrischen Leiter, die mit Hilfe einer konformen Abbildung und unendlicher Produkte berechnet wird. Als Beispiele dynamischer Probleme aber werden zunächst die stationären Strömungen in Flächen, insbesondere in Kreisscheiben, auf Cylindern und Ringflächen mit funktionentheoretischen Hilfsmitteln bestimmt, sodann die Strömung im Innern einer Kugel und einer planparallelen Platte berechnet mit einem Hinweise auf die Riemannsche Theorie der Nobili'schen Farbenringe und die Polarisation der Elektroden, und schliesslich der Einfluss einer leitenden Kugel auf ein konstantes Stromfeld in einem Medium von anderer Leitfähigkeit gefunden.

Im letzten Abschnitte endlich wird die Elektrizitätsleitung der Elektrolyte vom Standpunkte der Ionentheorie aus zurückgeführt auf lineare und nichtlineare partielle Differentialgleichungen, die in besonderen Fällen auch eine Integration gestatten.

Der zweite Band des Werkes, den der Verfasser in Aussicht stellt, soll die Wärmeleitung, die Theorie der Schwingungen, einschliesslich der elektrischen, die Elektrizitätstheorie und die Hydrodynamik behandeln. Möge sein Erscheinen nicht mehr lange auf sich warten lassen und seine Durchführung ebenso klar und anregend sein wie die des hier besprochenen ersten Bandes!

Während also das Webersche Werk sich gleichzeitig an Mathematiker und Physiker wendet und ausdrücklich die Anwendungen im Auge hat, so ist dagegen das kürzere Liebmannsche „Lehrbuch der Differentialgleichungen" lediglich für angehende Mathematiker berechnet und hat eine ausschliesslich theoretische Tendenz. Es ist bestimmt zur ersten Einführung in die moderne Theorie der Differentialgleichungen und will gleichzeitig mit elementarer Begriffsentwickelung und geometrischer Anschaulichkeit den heutigen Anforderungen mathematischer Strenge genügen. Bei seinem geringen Umfange konnte das Werk dabei natürlich auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen, sondern es konnten nur einzelne Gruppen von Problemen oder Methoden herausgegriffen werden. So wird die Methode der Potenzreihen und damit die eigentliche Funktionentheorie nur im ersten Kapitel verwertet, um mittelst des Cauchyschen Majoranten-Verfahrens die Existenz der Lösungen zu beweisen, dagegen wird z. B. auf die funktionentheoretische Untersuchung der linearen Differentialgleichungen vollständig verzichtet. Ebenso wird überhaupt auf die praktischen Integrationsmethoden nur sehr geringer Wert gelegt, auf physikalische Anwendungen aber gar keine Rücksicht genommen. Im Vordergrunde steht fast ausschliesslich die Frage nach der Existenz und Mannigfaltigkeit der Integrale und ihre geometrische Deutung vermöge der Lieschen „Linien und Flächenelemente" und ihrer „Vereine", sowie auch der „Berührungstransformationen". Mit diesen Hilfsmitteln wird insbesondere die Theorie der „singulären Punkte" und der „singulären Lösungen", wenigstens für reelle gewöhnliche Differentialgleichungen und dann im 4. und 5. Kapitel ziemlich eingehend die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, und ihrer „Charakteristiken" begrifflich und gleichzeitig geometrisch-anschaulich entwickelt. Dagegen wird auf die „Randwertaufgaben" nur in den letzten 5 Seiten mehr andeutend als ausführend hingewiesen.

Die Darstellung ist überall anregend und ohne Schwierigkeit verständlich, und es ist anzuerkennen, dass das Buch wenigstens auf dem gewählten engeren Gebiete der gestellten Aufgabe durchaus gerecht wird. E. Zermelo.

(Eingegangen 20. April 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Börnstein, R., Leitfaden der Wetterkunde. Mit 52 in den Text eingedruckten Abbildungen und 17 Tafeln. gr. 8. VIII u. 184 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 5.—, geb. M. 6.—.

Botazzi, Ph., Physiologische Chemie für Studierende und Ärzte. Deutsch v. H. Boruttau. Vollständig in 8—10 Lieferungen. Mit Abbildungen. Lieferung 1, 80 S. Lieferung 2, 80 S. gr. 8. 1900. Wien, Franz Deuticke. à M. 2—

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten der Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde. Herausgegeben von H. J. Klein. XI. Jahrgang. 1900. Mit fünf Tafeln in Schwarzdruck. 8. VIII u. 380 S. 1901. Leipzig, Ed. H. Mayer. M. 7.50.

Personalien.

Der Direktor der Maschinenfabrik Schüchtermann & Kremer in Dortmund, Reinhardt, hat eine Berufung als Professor der Maschinenbaukunde an die Technische Hochschule in München erhalten.

An der Technischen Hochschule zu Dresden hielt der Privatdozent für Chemie Dr. Hans Bucherer, seine Antrittsrede „Über das Wesen chemisch-technischer Methoden und ihre Bedeutung für die wissenschaftliche Erkenntnis".

Mit der durch den Tod von Professor Dr. Adolf Hirsch an der Akademie Neuenburg in Erledigung gekommenen Professur für Astronomie und Physik ist provisorisch Dr. Louis Arndt betraut worden.

Die Zulassung des Assistenten V. Syniewski als Privatdozent für chemische Technologie und technische Bakteriologie an der Technischen Hochschule in Lemberg ist bestätigt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.